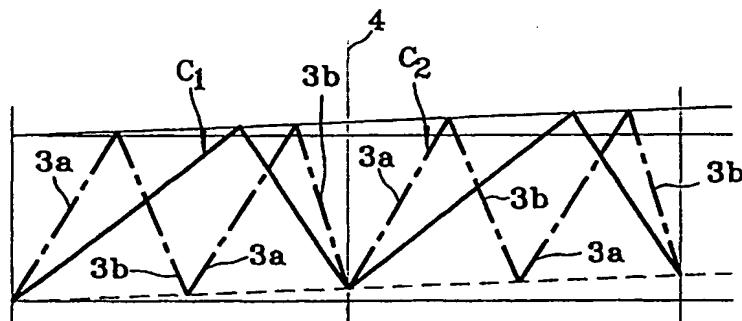


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁷ : H04B 10/18		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/42720
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR00/00044		(43) Date de publication internationale: 20 juillet 2000 (20.07.00)	
(22) Date de dépôt international: 11 janvier 2000 (11.01.00)		(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(30) Données relatives à la priorité: 99/00184 11 janvier 1999 (11.01.99) FR		Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>	
(71) Déposant (<i>pour tous les Etats désignés sauf US</i>): FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray, F-75015 Paris (FR).			
(72) Inventeurs; et			
(75) Inventeurs/Déposants (<i>US seulement</i>): GEORGES, Thierry [FR/FR]; 29, rue du Maréchal Foch, F-22700 Perros-Guirec (FR). LE GUEN, Daniel [FR/FR]; 13, route du Stivel, F-22700 Louannec (FR). FAVRE, François [FR/FR]; 12bis, rue des Frères Tilly, F-22700 Perros-Guirec (FR).			
(74) Mandataires: MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet Régime-beau, 26, avenue Kléber, F-75116 Paris (FR).			

(54) Title: OPTICAL FIBRE TRANSMISSION SYSTEM WITH CHROMATIC DISPERSION COMPENSATION

(54) Titre: SYSTEMES DE TRANSMISSION PAR FIBRES OPTIQUES AVEC COMPENSATION DE LA DISPERSION CHROMATIQUE



(57) Abstract

The invention concerns a long distance optical transmission system comprising transmitting means (1) and pulse receiving means (2) and an optical line (3) extending between said transmission and reception means and comprising alternating sections (3a, 3b) of sign dispersion fibres with opposite chromatic dispersion, and a plurality of amplifiers (4). The invention is characterised in that the optical line includes several pairs of sign dispersion fibre sections with opposite chromatic dispersion between two amplifiers, and the cumulated dispersion C of the majority of the sections of the optical line verifies the relationship $ICl \Delta\nu^2 < 0.3$ wherein C is expressed in ps/nm and wherein $\Delta\nu$ is the spectral value at mid-height of the pulses expressed in THz.

(57) Abrégé

Système de transmission optique longue distance comportant des moyens d'émission (1) et de réception d'impulsions (2) et une ligne optique (3) qui s'étend entre lesdits moyens d'émission et de réception et qui comprend une alternance de tronçons (3a, 3b) de fibres dispersives de signes de dispersion chromatique opposés, ainsi qu'une pluralité d'amplificateurs (4), caractérisé en ce que la ligne optique comporte plusieurs couples de tronçons de fibres dispersives de signes de dispersion chromatique opposés entre deux amplificateurs, et en ce que la dispersion cumulée C de la majorité des tronçons de la ligne optique vérifie la relation $|C| \Delta v^2 < 0.3$, où C est exprimée en ps/nm et où Δv est la valeur spectrale à mi-hauteur des impulsions exprimée en THz.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lithuanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		

SYSTEMES DE TRANSMISSION PAR FIBRES OPTIQUES AVEC COMPENSATION DE LA DISPERSION CHROMATIQUE

La présente invention est relative aux systèmes de transmission par fibres optiques.

5 En particulier, l'invention trouve avantageusement application pour les systèmes de transmission longue distance et notamment pour les systèmes de transmission transocéaniques qui doivent assurer des transmissions d'informations sur des distances supérieures à 5000 km.

Il a déjà été proposé de nombreux systèmes de transmission longue 10 distance qui mettent en œuvre une modulation RZ (retour à zéro) - c'est à dire une modulation sous forme d'impulsions de durée inférieure au temps bit - et qui comprennent, entre deux amplificateurs qui sont par exemple des fibres dopées à l'erbium, deux tronçons de fibres dispersives qui sont de signes de dispersion chromatique opposés et qui se compensent.

15 Dans ces systèmes, la dispersion chromatique locale permet de réduire les phénomènes d'interaction non linéaire entre les canaux (mélange à quatre ondes), tandis que la compensation de la dispersion chromatique des fibres permet de disposer d'une dispersion chromatique moyenne qui est faible et par conséquent de minimiser les phénomènes 20 d'élargissement d'impulsions.

La pente de la dispersion chromatique peut être réduite de différentes façons et notamment soit en utilisant des fibres à pente réduite, soit en utilisant des fibres de pentes de signes opposés, soit encore en démultiplexant les canaux et en compensant individuellement la dispersion 25 chromatique de chacun des canaux.

Pour des présentations de systèmes de transmission optique mettant en œuvre une compensation de dispersion chromatique, on pourra avantageusement se référer aux différentes publications suivantes :

[1] I. Morita, K. Tanaka, N. Edagawa, M. Suzuki, « 40 Gbit/s single- 30 channel soliton transmission over 10200 km without active inline transmission control », Post-deadline paper, p.49, ECOC'98 (Madrid) ;

[2] N. Edagawa, I. Morita, M. Suzuki, S. Yamamoto, K. Tanaka, S. Akiba, « Long distance soliton WDM transmission using a dispersion-flattened fibre », Post-deadline paper PD19, OFC'97 (Dallas) ;

[3] M. Suzuki, H. Kidorf, N. Edagawa, H. Taga, N. Takeda, K. Imai, I. Morita, S. Yamamoto, E. Shibano, T. Miyakawa, E. Nazuka, M. Ma, F. Kerfoot, R. Maybach, H. Adelmann, V. Arya, C. Chen, S. Evangelides, D. Gray, B. Pedersen, A. Puc, « 170 Gbit/s transmission over 10850 km using large core transmission fibre », Post-deadline paper PD17, OFC'98 (San Jose) ;

10 [4] N. Edagawa, M. Suzuki, N. Takeda, K. Imai, S. Yamamoto, S. Akiba, « 213 Gbit/s (20x10.66) over 9000 km transmission experiment using dispersion-slope compensator », Post-deadline paper PD13, OFC'98 (San Jose) ;

15 [5] M. Murakami, T. Matsuda, T. Imai, « Quarter Terabit (25x10 Gbits/s) over 9288 km WDM, transmission experiment using nonlinear supported RZ pulse in higher order fiber dispersion managed line », Post-deadline paper, p.79, ECOC'98 (Madrid) ;

20 [6] D. Le Guen, A. O'Hare, S. Del Burgo, D. Grot, F. Favre, T. Georges, « Narrow band 640 Gbit/s soliton WDM transmission over 1200 km of standard fibre with 100 km – 21 dB amplifier spans », Post-deadline paper, p.61, ECOC'98 (Madrid).

Toutefois, les systèmes décrits dans les publications [1-5] présentent l'inconvénient de ne pas permettre d'atteindre des débits de transmission importants, parce que les phénomènes de modulation de phase croisée entre canaux adjacents empêchent un multiplexage suffisamment dense, c'est à dire une séparation entre canal inférieure à 0,8nm pour des canaux à 20 Gbit/s, une séparation de 1,8nm pour des canaux à 40 Gbit/s et une séparation de 0,4nm à 10 Gbit/s (références [1] et [2]). Le système de la référence [6] permet un multiplexage dense mais sur des distances trop courtes (2000 km) limitées par l'interaction.

Pour permettre des débits élevés sur des distances transocéaniques, il a également été proposé des systèmes de transmission qui mettent en œuvre une modulation de type solitons.

Des systèmes de ce type sont par exemple décrits dans la publication suivante :

5 M. Nakazawa et al. « 16 Gbit/s WDM (20 Gbit/s x 8 channels) soliton transmission over 10,000 km using in-line synchronous modulation and optical filtering » PD10-1, Optical Soliton Transmission Research Group – NTT Access Network Systems Laboratories – Tokai, Ibaraki-ken 319-11 Japan.

10 Toutefois, la technique proposée dans l'article précité est très difficile à mettre en œuvre du fait de la précision requise (meilleure que 0,1 ps/nm/km) sur la valeur de la dispersion chromatique de chacun des tronçons de fibres.

En outre, dans le cas où l'on utilise des fibres de pente de dispersion chromatique non nulle, cette technique ne permet une transmission que pour certaines longueurs d'onde.

15 Le but de l'invention est de palier les inconvénients des techniques antérieures et de proposer un système de transmission longue distance permettant des débits élevés avec un multiplexage dense et avec une bande passante importante.

20 A cet effet, l'invention propose un système selon la revendication 1. Ce système comporte des moyens d'émission et de réception d'impulsions et une ligne optique qui s'étend entre lesdits moyens d'émission et de réception et qui comprend une alternance de tronçons de fibres dispersives de signes de dispersion chromatique opposés, ainsi qu'une pluralité d'amplificateurs, caractérisé en ce que la ligne optique comporte plusieurs 25 couples de tronçons de fibres dispersives de signes de dispersion chromatique opposés entre deux amplificateurs, et en ce que la dispersion cumulée C de la majorité des tronçons de la ligne optique vérifie la relation

$$|C| \Delta v^2 < 0.3,$$

30 où C est exprimée en ps/nm et où Δv est la valeur spectrale à mi-hauteur des impulsions exprimée en THz.

Le système proposé par l'invention est par ailleurs avantageusement complété par les différentes caractéristiques suivantes prises seules ou selon toutes leurs combinaisons possibles :

- la dispersion cumulée C des tronçons de la ligne optique vérifie la relation

$$5 \quad |C| \Delta v^2 < 0.25,$$

où C est exprimée en ps/nm et où Δv est exprimée en THz ;

- la dispersion cumulée C des tronçons de la ligne optique vérifie la relation

$$0.03 < |C| \Delta v^2$$

où C est exprimée en ps/nm/km et où Δv est exprimée en THz ;

- 10 - la dispersion chromatique des tronçons de fibres de dispersion anormale est de l'ordre de 17 ps/nm/km à la longueur d'onde de 1550 nm ;
- la dispersion chromatique des tronçons de fibres de dispersion normale est de l'ordre de -85 ps/nm/km ;

- la ligne optique comporte trois couples de tronçons de fibres dispersives de signes de dispersion chromatique opposés, entre deux amplificateurs ;
- un tronçon de fibre de dispersion anormale s'étend sur une distance qui est de l'ordre de 10 Km et un tronçon de fibre de dispersion normale sur une distance qui est de l'ordre de 2 Km ;

- la dispersion chromatique des tronçons de fibres de dispersion normale est de l'ordre de - 17 ps/nm/km ;
- la ligne optique comporte deux couples de tronçons de fibres dispersives de signes de dispersion chromatique opposés, entre deux amplificateurs ;
- un tronçon de fibre s'étend sur une distance qui est de l'ordre de 10 Km.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront 25 encore de la description qui suit. Cette description est purement illustrative et non limitative. Elle doit être lue en regard des figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 représente schématiquement un système de transmission conforme à un mode de réalisation possible de l'invention ;
- 30 - la figure 2 est un graphe sur lequel on a porté les cartes de cumul de dispersion d'un système de transmission conforme à un art antérieur

connu et d'un système de transmission conforme à un mode de réalisation possible de l'invention.

Le système représenté sur la figure 1 comporte des moyens d'émission 1, des moyens de réception 2 et une ligne de transmission 3 optique qui s'étend entre ces moyens d'émission et de réception 1 et 2.

Les moyens d'émission 1 génèrent un signal optique constitué d'une succession d'impulsions RZ. Les moyens de réception démodulent ce signal après transmission par la ligne 3.

Cette ligne de transmission optique 3 comporte une pluralité 10 d'amplificateurs 4 qui sont régulièrement répartis dans sa longueur.

Entre deux amplificateurs 4 successifs, elle comporte une pluralité de tronçons de fibres 3a de dispersion anormale alternant avec des tronçons de fibres 3b de dispersion normale.

Ces tronçons de fibres 3a et 3b sont tels que, pour la majorité d'entre 15 eux (au moins 90 %) leur dispersion cumulée C vérifie la relation :

$$|C|\Delta\nu^2 < 0,3 \quad (R)$$

où $\Delta\nu$ est la largeur spectrale à mi-hauteur des impulsions (exprimée en THz) et où C est la dispersion cumulée exprimée en ps/nm.

Cette condition permet en effet de minimiser les interactions entre les 20 impulsions.

De façon préférentielle, la dispersion cumulée vérifie :

$$|C|\Delta\nu^2 < 0,25$$

Ainsi, pour un débit par canal de 20 Gbits/s, la dispersion cumulée est avantageusement inférieure à 150 ps/nm ; pour un débit par canal de 40 25 Gbits/s, la dispersion cumulée est avantageusement inférieure à 30 ps/nm.

Par ailleurs, la dispersion cumulée des tronçons de la fibre vérifie également avantageusement la relation :

$$0,03 < |C|\Delta\nu^2$$

Cette condition permet en effet de réduire le mélange à quatre ondes 30 et de réduire l'interaction entre deux impulsions successives.

Par ailleurs, le fait de multiplier les couples de tronçons de fibres 3a, 3b entre deux amplificateurs 4 permet d'utiliser des fibres très dispersives,

tout en restant dans un domaine où la dispersion cumulée est suffisamment faible pour minimiser les interactions entre les impulsions. Les tronçons de fibres anormales sont avantageusement choisis avec une dispersion chromatique supérieure à 8 ps/nm/km, tandis que les tronçons de fibres 5 normales sont quant à eux choisis avec une dispersion chromatique qui en valeur absolue est supérieure à 8 ps/nm/km.

A titre illustratif, on a représenté sur la figure 2 une carte de cumul de dispersion $C_1(z)$ (où z est la distance) d'un système de transmission vérifiant la relation R et comportant un seul couple de tronçons de fibres 10 entre deux amplificateurs 4. On a également porté sur cette figure 2 une carte de cumul de dispersion $C_2(z)$ (la dispersion chromatique locale $D_1(2)$ est donnée par la pente de $C_1(2)$) d'un système qui, pour le même espace 15 ment entre les amplificateurs 4, comporte deux couples de tronçons de fibres entre les amplificateurs, ladite carte de transmission vérifiant $C_2(2) = 2C_1(z/2)$.

La deuxième carte de dispersion permet des impulsions plus étroites, qui interagissent moins et ont des effets de modulation de phase croisée plus réduits que dans le cas de la première carte de dispersion.

Ceci peut être généralisé dans le cas d'une carte de transmission 20 vérifiant $C_n(z) = nC_1(z/n)$ et correspondant à un système de transmission comportant n fois plus de tronçons dispersifs entre deux amplificateurs successifs (où n est un nombre entier).

Sur la figure 2, la dispersion cumulée a été représentée (en ps/nm) par les courbes en pointillés.

25 Les tronçons de fibres anormales 3a sont avantageusement constitués par des fibres monomodes utilisées de façon standard dans le domaine des télécommunications (fibres également désignées sous la terminologie de fibres SMF par l'homme du métier).

Les fibres SMF sont en effet très dispersives.

30 Elles présentent en outre une grande aire effective de modes - ce qui réduit la non-linéarité - de faibles pertes et de faibles pentes de dispersion chromatique.

Les tronçons de fibres normales 3b sont avantageusement des fibres compensatrices de dispersion chromatique— qui sont désignées sous la terminologie de fibres DCF par l'homme du métier - ou des fibres connues par l'homme du métier sous la terminologie RDF, dont la dispersion chromatique est sensiblement opposée à celles des fibres SMF.

La longueur séparant deux amplificateurs 4 successifs est de préférence comprise entre 35 et 60 km.

Le niveau de puissance de sortie des amplificateurs 4 est choisi de façon à être suffisant pour permettre un rapport signal à bruit satisfaisant et une faible gigue.

Les caractéristiques des moyens 1 qui constituent la source d'émission (largeur spectrale, éléments dispersifs en entrée de lignes, etc.) sont définies par la carte de dispersion chromatique de la ligne de transmission 3 et par la puissance en ligne de chaque canal. Elles sont choisies pour obtenir un point de fonctionnement stable permettant de faibles variations de largeur spectrale lors de la propagation.

La dispersion en entrée des moyens de réception 2 est optimisée de façon à minimiser la gigue et à remettre en forme temporelle le signal.

Pour réduire un peu plus les effets de la modulation de phase croisée,

1. un filtrage guidant peut être utilisé,
2. une surmodulation de la dispersion chromatique d'une périodicité supérieure à la distance entre amplificateurs peut être ajoutée : elle est obtenue en modifiant les longueurs respectives des tronçons dispersifs.

Un système du type de celui qui vient d'être décrit peut être utilisé pour réaliser une transmission d'un multiplex de Nx20 Gbits/s (où N est un entier supérieur ou égal à 1, qui peut aller jusqu'à 40 ou être supérieur) sur une distance transocéanique (>5000 km) avec pour fibres de ligne, la fibre standard (SMF) qui présente une dispersion chromatique anormale de l'ordre de 17 ps/nm/km à la longueur d'onde de 1550 nm et une fibre compensatrice de dispersion chromatique (fibre DCF) qui présente une dispersion chromatique normale de l'ordre de -85 ps/nm/km. Entre deux amplificateurs 4, la ligne de transmission 3 est constituée de trois tronçons

de fibres 3a de type SMF présentant chacun une longueur égale à 8 km et de trois tronçons de fibres 3b de type DCF alternant avec les tronçons SMF et présentant chacun une longueur de 1,59 km, ce qui correspond à une longueur entre deux amplificateurs approximativement égale à 29 km.

5 La dispersion chromatique moyenne est anormale (légèrement inférieure à 0,1 ps/nm/km). La puissance des amplificateurs de ligne est de –1,5 dBm/canal (soit 10,5 dBm pour 16 canaux). La durée des impulsions est de l'ordre de 12 ps. La dispersion chromatique initiale (typiquement –70 ps/nm) est optimisée pour obtenir une propagation stable. La forte valeur de
10 la dispersion chromatique permet un espacement entre les canaux de 0,8 nm, voire de 0,6 nm.

15 On utilise avantageusement pour les tronçons 3b des fibres de type DCF ayant une pente de dispersion chromatique de l'ordre de –0,26 ps/nm²/km. La pente de la dispersion chromatique des fibres SMF – qui est de 0,053 ps/nm²/km est alors totalement compensée. La bande de longueur d'onde de transmission n'est alors limitée que par la platitude des amplificateurs et peut donc excéder 25 nm.

20 En variante encore, on peut utiliser des tronçons de fibres SMF de dispersion chromatique de l'ordre de 17 ps/nm/km à la longueur d'onde de 1550 nm et des tronçons de fibres RDF de dispersion chromatique opposée, c'est à dire de dispersion chromatique de l'ordre de –17 ps/nm/km. Entre deux amplificateurs 4, la ligne de transmission 3 est constituée de deux tronçons de fibres 3a de type SMF présentant chacun une longueur égale à 8 km et de deux tronçons de fibres 3b de type RDF
25 alternant avec les tronçons SMF et présentant chacun une longueur de 7,9 km, ce qui correspond à une longueur entre deux amplificateurs approximativement égale à 32 km.

30 La dispersion chromatique moyenne est légèrement inférieure à 0,1 ps/nm/km. La puissance des amplificateurs de ligne est de 2 dBm/canal (soit 10 dBm pour 16 canaux). La durée des impulsions est de l'ordre de 13 ps. L'espacement entre les canaux peut être de 0,8 nm ou même 0,6 nm grâce à la forte valeur de la dispersion chromatique. D'autre part, les RDF ont une pente de dispersion chromatique de l'ordre de –0,05 ps/nm²/km

compensant intégralement la pente de la dispersion chromatique de la SMF ($0,053 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$). La bande totale est donc limitée par la platitude des amplificateurs et peut donc excéder 25 nm.

Un débit total excédant $40 \times 20 \text{ Gbits/s}$ peut être transmis sur une
5 distance transocéanique.

REVENDICATIONS

1. Système de transmission optique longue distance comportant des moyens d'émission (1) et de réception d'impulsions (2) et une ligne optique (3) qui s'étend entre lesdits moyens d'émission (1) et de réception (2) et qui comprend une alternance de tronçons (3a, 3b) de fibres dispersives de signes de dispersion chromatique opposés, ainsi qu'une pluralité d'amplificateurs (4), caractérisé en ce que la ligne optique (3) comporte plusieurs couples de tronçons (3a, 3b) de fibres dispersives de signes de dispersion chromatique opposés entre deux amplificateurs (4), et en ce que la dispersion cumulée C de la majorité des tronçons de la ligne optique vérifie la relation

$$|C| \Delta v^2 < 0.3,$$

où C est exprimée en ps/nm et où Δv est la valeur spectrale à mi-hauteur des impulsions exprimée en THz.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la dispersion cumulée C des tronçons (3a, 3b) de la ligne optique (3) vérifie la relation

$$|C| \Delta v^2 < 0.25,$$

20 où C est exprimée en ps/nm et où Δv est exprimée en THz.

3. Système selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la dispersion cumulée C des (3a, 3b) de la ligne optique (3) vérifie la relation

$$0.03 < |C| \Delta v^2$$

25 où C est exprimée en ps/nm et où Δv est exprimée en THz.

4. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la dispersion chromatique des tronçons (3a) de fibres de dispersion anormale est de l'ordre de 17 ps/nm/km à la longueur d'onde de 1550 nm.

30 5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce que la dispersion chromatique des tronçons (3b) de fibres de dispersion normale est de l'ordre de -85 ps/nm/km.

6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que la ligne optique (3) comporte trois couples de tronçons (3a, 3b) de fibres dispersives de signes de dispersion chromatique opposés, entre deux amplificateurs (4).

5 7. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'un tronçon (3a) de fibre de dispersion anormale s'étend sur une distance qui est de l'ordre de 10 Km et un tronçon de fibre de dispersion normale sur une distance qui est de l'ordre de 2 Km.

10 8. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce que la dispersion chromatique des tronçons (3b) de fibres de dispersion normale est de l'ordre de - 17 ps/nm/km.

9. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que la ligne optique comporte deux couples de tronçons (3a, 3b) de fibres dispersives de signes de dispersion chromatique opposés, entre deux amplificateurs.

15 10. Système selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'un tronçon de fibre (3a, 3b) s'étend sur une distance qui est de l'ordre de 10 Km.

11. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de filtrage guidant.

20 12. Système selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les longueurs respectives des tronçons dispersifs sont choisies pour permettre une surmodulation de la dispersion chromatique.

1/1

FIG. 1

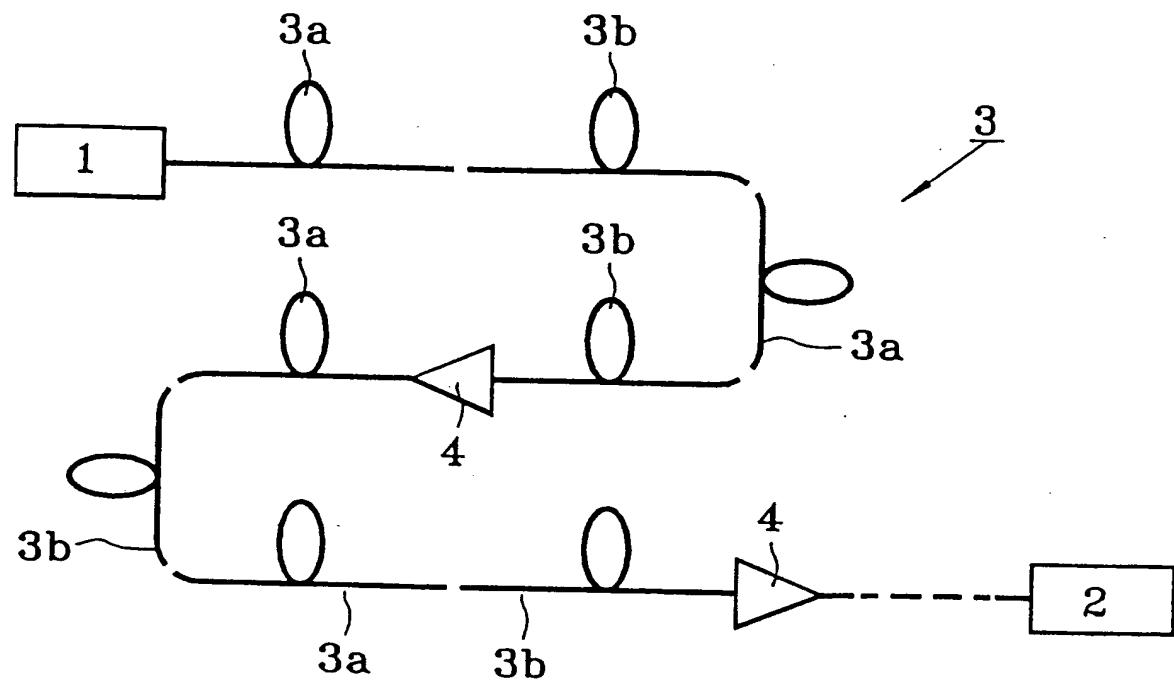
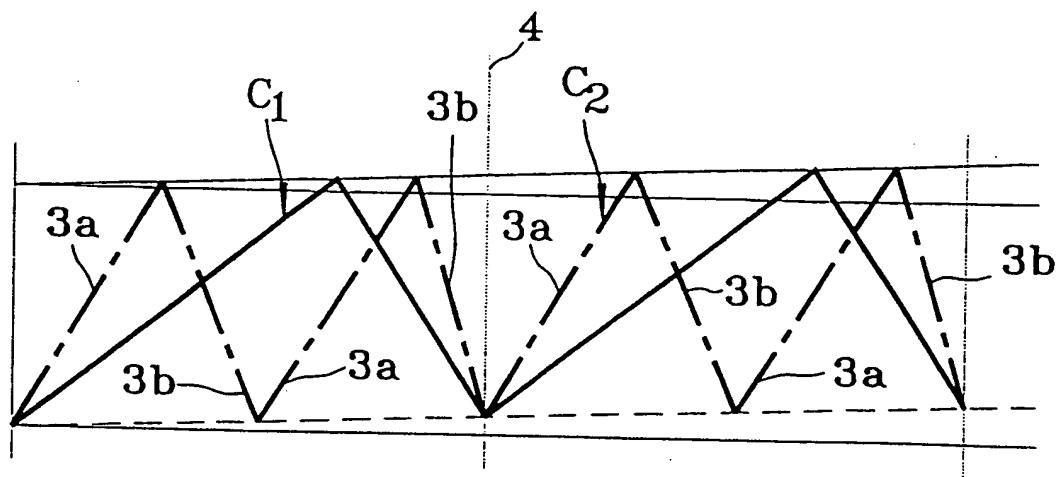


FIG. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 00/00044

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04B10/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04B .02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2 299 473 A (HITACHI CABLE) 2 October 1996 (1996-10-02) abstract; figures 1-4	1-10
A	FR 2 757 720 A (ALSTHOM CGE ALCATEL) 26 June 1998 (1998-06-26) abstract; claim 1; figure 1	1-10
A	US 5 559 910 A (TAGA HIDENORI ET AL) 24 September 1996 (1996-09-24) abstract; claims 1,8	1-10
A	EP 0 575 881 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29 December 1993 (1993-12-29) column 6, line 5 - line 49 abstract; figure 5	1-10



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

7 April 2000

18/04/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Goudelis, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/00044

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
GB 2299473	A 02-10-1996	FR 2732528 A		04-10-1996
		JP 8331049 A		13-12-1996
FR 2757720	A 26-06-1998	NONE		
US 5559910	A 24-09-1996	JP 7336301 A		22-12-1995
EP 0575881	A 29-12-1993	JP 6318914 A		15-11-1994
		JP 8021908 B		04-03-1996
		JP 2919193 B		12-07-1999
		JP 6085758 A		25-03-1994
		AU 4017093 A		23-12-1993
		EP 0986198 A		15-03-2000
		US 5675429 A		07-10-1997

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem → Internationale No
PCT/FR 00/00044

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H04B10/18

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04B G02B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	GB 2 299 473 A (HITACHI CABLE) 2 octobre 1996 (1996-10-02) abrégé; figures 1-4	1-10
A	FR 2 757 720 A (ALSTHOM CGE ALCATEL) 26 juin 1998 (1998-06-26) abrégé; revendication 1; figure 1	1-10
A	US 5 559 910 A (TAGA HIDENORI ET AL) 24 septembre 1996 (1996-09-24) abrégé; revendications 1,8	1-10
A	EP 0 575 881 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29 décembre 1993 (1993-12-29) colonne 6, ligne 5 - ligne 49 abrégé; figure 5	1-10



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

7 avril 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

18/04/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Goudelis, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 00/00044

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
GB 2299473 A	02-10-1996	FR JP	2732528 A 8331049 A	04-10-1996 13-12-1996
FR 2757720 A	26-06-1998	AUCUN		
US 5559910 A	24-09-1996	JP	7336301 A	22-12-1995
EP 0575881 A	29-12-1993	JP JP JP JP AU EP US	6318914 A 8021908 B 2919193 B 6085758 A 4017093 A 0986198 A 5675429 A	15-11-1994 04-03-1996 12-07-1999 25-03-1994 23-12-1993 15-03-2000 07-10-1997